

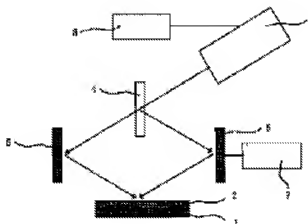
**METHOD AND DEVICE FOR FORMING PATTERN**

**Patent number:** JP10270330  
**Publication date:** 1998-10-09  
**Inventor:** CHOKAI MINORU; TERASAWA TSUNEO;  
YAMAGUCHI ATSUKO  
**Applicant:** HITACHI LTD  
**Classification:**  
- **international:** **G03F7/20; H01L21/027; G03F7/20; H01L21/02;** (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/20  
- **european:**  
**Application number:** JP19970074989 19970327  
**Priority number(s):** JP19970074989 19970327

Report a data error here

**Abstract of JP10270330**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To easily transfer a fine pattern that exceeds a resolution limit by changing the optical characteristics of a thin resist film by using a second light source and controlling the shape of light in the resist film to a desired shape. **SOLUTION:** The image of pattern forming light emitted from a first light source and having a wavelength of 365 nm is formed on a resist 2 on a wafer 1 by means of a reduction stepper. In addition, an argon ion laser beam emitted from a second light source 3 is split into two parts by means of a beam splitter 4 and the periodic position of interference which is caused between the split two beams on the resist 2 by means of mirrors 5 and 6 is matched to a pattern by finely adjusting the position by means of a mirror position control means 7 connected to the mirror 6. In addition, the pattern forming light is synchronized so that the resist 2 may be exposed to the light by connecting second light source 3 to a reduction optical system through a control circuit 8 and changing the refractive index of the resist 2.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

特開平10-270330

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20

識別記号  
5 2 1

F I  
H 0 1 L 21/30 5 2 8  
G 0 3 F 7/20 5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数14 ○ L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-74989

(22)出願日 平成9年(1997)3月27日

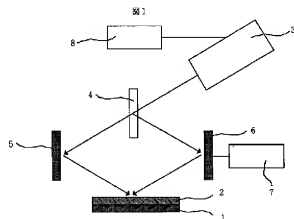
(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 島海 実  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 寺澤 恒男  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 山口 教子  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 パターン形成方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 半導体集積回路等の製造に用いられる投影露光装置の従来の解像限界を超える微細なパターンを転写できるパターン形成方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 第2の光源を用い、レジスト2の非線型光学現象を利用することにより微細なパターンを転写する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影光学系を介して、第1の光源からの光をマスク基板上に描かれているマスクパターンに基づくパターン露光光としてウエハ基板上のレジスト薄膜に投影するパターン形成方法において、第2の光源を用いて前記レジスト薄膜の光学特性を変化させることにより、前記投影光学系の前記レジスト薄膜中の光形状を所望の形状に制御することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項2】 投影光学系を介して、第1の光源からの光をマスク基板上に描かれているマスクパターンに基づくパターン露光光としてウエハ基板上のレジスト薄膜に投影するパターン形成方法において、第2の光源を用いてレジスト薄膜の上に形成された薄膜の光学特性を変化させることにより、前記投影光学系の前記レジスト薄膜中の光形状を所望の形状に制御することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項3】 請求項1または2に記載のパターン形成方法において、第2の光源としてレーザを用いることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項4】 請求項3に記載のパターン形成方法において、前記第2の光源としてパルスレーザを用い、前記パターン露光光を周期照射するとともに、前記パルスレーザの光と同期させることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項5】 請求項4に記載のパターン形成方法において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成し、前記励起状態の寿命以内にパターン露光光を照射することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項6】 請求項1から請求項5のいずれか記載のパターン形成方法において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成することで光学特性を制御し、パターン露光光の波長における屈折率の変化により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜中の光路差が0.5波長以上あることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項7】 請求項1から請求項4のいずれか記載のパターン形成方法において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成することで光学特性を制御し、パターン露光光の波長における屈折率の変化により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜中の光路差が0.5波長以上あることを特徴とするパターン形成方法。

【請求項8】 第1の光源と、マスク基板上のマスクパターンをウエハ基板上のレジスト薄膜に投影する投影光学系とを有するパターン形成装置において、第2の光源を用いて前記レジスト薄膜の光学特性を変化させることにより、前記投影光学系の前記レジスト薄膜中の光形状を所望の形状に制御する手段を設けたことを特徴とするパターン形成装置。

【請求項9】 第1の光源と、マスク基板上のマスクパターンをウエハ基板上のレジスト薄膜に投影する投影光学系とを有するパターン形成装置において、第2の光源を用いて前記ウエハ基板上のレジスト薄膜の上に形成された薄膜の光学特性を変化させることにより、前記投影光学系の前記レジスト薄膜中の光形状を所望の形状に制御する手段を設けたことを特徴とするパターン形成装置。

【請求項10】 請求項8または請求項9に記載のパターン形成装置において、第2の光源としてレーザを用いることを特徴とするパターン形成装置。

【請求項11】 請求項10に記載のパターン形成装置において、前記第1の光源の光を周期的に照射する手段を設け、前記第2の光源としてパルスレーザを用い、前記パルスレーザの光を前記第1の光源からの光と同期させる手段を設けたことを特徴とするパターン形成装置。

【請求項12】 請求項11に記載のパターン形成装置において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成し、前記励起状態の寿命以内に前記第1の光源からの光を照射することを特徴とするパターン形成装置。

【請求項13】 請求項8から請求項12のいずれか記載のパターン形成装置において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成することにより光学特性を制御し、前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜の第一の光源の波長における吸光度の変化が1以上あることを特徴とするパターン形成装置。

【請求項14】 請求項8から請求項12のいずれか記載のパターン形成装置において、前記第2の光源により前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜に励起状態を形成することにより光学特性を制御し、第一の光源の波長における屈折率の変化による前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜中の光路差が0.5波長以上あることを特徴とするパターン形成装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、基板上に形成される転写パターンの解像度を向上させる技術に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路や液晶素子等のパターンの形成には、リソグラフィ技術と呼ばれているマスク上に描かれたパターンを試料基板上に転写する方法が広く採用されている。このパターン転写を行うために、一般には、マスク上のパターンを縮小して転写する縮小投影型の投影露光装置が用いられる。

【0003】 半導体集積回路等のパターンの微細化が進むに従って、上記投影露光装置には、従来以上に解像度が高い微細なパターンを転写する性能が要求されている。一般に、投影レンズの開口数（NA）が大きいほど、あるいは露光に用いられる光の波長が短いほど解像

力は向上する。しかし、投影レンズは露光領域が広いことも同時に要求され、実際上NAの向上には限界がある。また、露光に用いられる光の短波長化も、対応できる光源、投影レンズの材料およびレジスト材料の制約の面から限界に近づいている。

【0004】そこで、現状の投影露光装置を用いて、従来の解像限界を超える微細パターンを転写する試みがなされている。例えば、アブライド・フィジックス・レーザ、第68巻、第4号、第455頁、1996年には、レジストの非線型光学特性を利用することにより解像力を向上させる技術が示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】アブライド・フィジックス・レーザ、第68巻、第4号、第455頁、1996年に開示された技術は、パターン形成光自身によりレジスト材料が非線型効果を起こし、自己集光することによりパターン形成光より微細なパターン形成を行っている。しかし、このパターン形成方法では、パターン形成以外に、レジストの非線型特性が露光量で決まるため、露光量の制御が難しくなる。つまり、露光量はレジストの感度に合わせるだけでなく、レジストの非線型特性との関係でも微細なパターンがうまく形成できるように決定されなければならない。従ってレジスト材料は、感度と非線型光学特性の両方の条件を同時に満たす必要があり、このようなレジスト材料を実現することは、事実上難しい。

【0006】本発明の課題は、従来のレジスト材料をそのまま用いても容易に従来の解像限界を超える微細パターンを転写できるパターン形成方法および装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題は、第1の光源からの光を、投影光学系を介してマスク基板上に描かれているマスクパターンに基づく露光光としてウェハ基板上のレジスト薄膜に投影するパターン形成方法または装置において、第2の光源を用いて前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜の光学特性を変化させ、前記レジスト薄膜またはその上に形成した薄膜中の光形状を所望の形状に制御することにより達成される。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明では非線型光学特性を引き起こす光源をパターン形成光源とは別の第2の光源として用意する。即ち、第2の光源によりレジスト材料が非線型効果を示し、それによりパターン形成光が自己集光を起こし、微細なパターンが形成される。

【0009】第2の光源としてはアルゴン・イオン・レーザ、ヤグ・レーザ、エキシマ・レーザなどのレーザの基本波やその高調波を用いることができる。これらは連続発振でもよいし、パルス発振でも用いることができる。

【0010】特に、パルス発振の場合には、第1の光源からのパターン形成光（露光光）と同期をとることにより、パルスレーザでレジストの光学特性を変化した直後にパターン形成光を入射させることで、パターン形成光の制御が容易になるという利点がある。パルス光源としては、連続光源を機械的シャッタでパルス化してもよいし、チタン・サファイア・レーザ、ヤグ・レーザ、エキシマ・レーザなどのようにはじめからパルス発振するレーザを用いてもよい。特に、チタン・サファイア・レーザやオプト・パラメトリック現象を利用したレーザなどは発振波長を連続的に所望の値に設定できるので、本発明に特に適している。勿論、キセノン・水銀ランプや超高圧水銀灯などの光を用い、フィルターや分光器により所望の波長の光を選択し、前記第2の光源として用いることもできる。

【0011】以下、レジスト中で非線型現象を起こす場合を例に説明するが、レジストとは別にその上に形成した薄膜中で非線型現象を起こす場合でも同様である。

【0012】レジストが非線型特性を示すことは公知であり、その原因はレジストが吸収したことにより電子励起状態などを形成し、レジスト全体の屈折率が変化することによって考えられる。従って、アブライド・フィジックス・レーザ、第68巻、第4号、第455頁、1996年に用いられているようなレジストの架橋反応自体に基づく屈折率変化を非線型現象として利用してもよい。

【0013】また、特開平7-326573号に開示されているように、非線型現象としてレジストの光化学反応以外の光吸収を利用してもよい。この場合には、可逆的な変化であるから、第2の光が照射されて励起状態が形成されている間だけレジストの屈折率が変化し、励起状態の寿命後に基底状態に戻り、レジストの屈折率は元の値に戻る。従って、レジストに第2の光を複数回にわたって照射することができる。

【0014】また、第2の光はレジストに架橋や光分解を起こさせないために、パターン形成光のパターン形状と独立に任意の照射形状でレジストに照射できるという利点がある。

【0015】以上、レジスト中で非線型現象を利用する場合で説明したが、レジスト上の薄膜中で非線型現象を起こす場合でも同様である。この薄膜としては、レジストの特性を劣化させない限り、通常の薄膜を用いることができる。例えば、水溶性高分子に色素を添加させた高分子薄膜などを用いることができる。この場合には、化学増幅系レジストで問題となる大気中の塩基物質による汚染を防ぐための保護膜としての機能も兼ねることができ、また、レジスト中の定在波を減減するための反射防止膜の機能も兼ねることができると言うまでもない。

【0016】本発明では、非線型現象を用いてレジスト

の屈折率を変化させ、パターン形成光を集光して制御する。集光する方法としては、二光束干渉などを用いることができる。二光束干渉の場合にはその干渉縞のピッチや位置をパターン形成光と一致させることによりパターン形成光を効率的に集光し、微細なパターン露光が可能になる。干渉縞の位置はミラーの位置を微調整することにより容易に移動させることができる。これにより、パターン形成光を集光するだけでなく、逆に発散させたり、レジスト中の任意の位置に集光することも可能となる。従って、露光時の焦点深さを広げることができる。これは実際に半導体等を作製する際に大きな利点となる。

【0017】この二光束干渉の方法は周期パターンの場合に効果が顕著である。二光束干渉以外にもオプト・ガルバノミラーなどを用いて任意形状で非線型現象を起こしてもよい。この場合には任意のパターンで非線型現象が効率よく利用できる利点がある。

【0018】以下では、本発明の具体的実施例について述べる。これらの実施例は本発明の1例に過ぎず、これらに限定されるものではない。

【0019】（実施例1）まず、図1を用いて本発明のパターン形成方法を実現する投影露光装置の構成例の概要を説明する。パターン形成装置には通常の縮小投影露光装置を用い、その一部を改良してパターン形成を行った。パターン形成光となる第1の光源（図示略）には波長365nmの光を用いた。このパターン形成光は通常の縮小投影露光方法でウエハ1上のレジスト2上に結像される。

【0020】第2の光源3にはアルゴン・イオン・レーザを用いて、波長488nmの光を利用した。この光をビームスプリッタ4で二分割し、ミラー5、6でレジスト上に二光束干渉させた。この二光束干渉の周期は形成されるパターンに一致させた。この二光束干渉の周期は二つの光束の入射角度を調整することにより制御できる。また周期の位置はミラー6に接続したミラー位置制御手段7により微調整し、パターンと一致させることができる。

【0021】第2の光源3は制御回路8を介して縮小投影光学系（図示略）と接続されており、第2の光源3によりレジスト2の屈折率が変化した後にパターン形成光がレジストを露光するように同期がとられる。

【0022】この装置を用いて、波長365nm用のレジスト2に従来の解像限界を超える微細パターンを露光した。その後、レジスト2を現像し、そのパターン形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、90nmの線幅の良好な形状の微細パターンが形成されていた。

【0023】（実施例2）第2の実施例では、レジスト上に高分子薄膜を形成し、この薄膜の非線型現象を利用した点を除き、実施例1と同じ装置構成でパターン形成を行った。本実施例では図2のように、アクリジン・オ

レンジとポリビニルピロリドンの溶液をレジスト上に回転塗布し、加熱乾燥し、非線型光学薄膜9を作製した。この薄膜9は波長488nmの光に対してミリ秒以下の時間応答性を有し、かつ可逆的に反応する。すなわち、488nmのパルス光が照射された時だけ、複素屈折率が変化し、365nmにおいて瞬時に屈折率が変化し、非線型現象を示し、短時間の内にミリ秒以下の寿命で元の屈折率に戻る。

【0024】この装置を用いて、365nm用のレジスト2に従来の解像限界を超える微細パターンを露光した。その後、レジスト2を現像し、そのパターン形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、90nmの線幅の良好な形状の微細パターンが形成されていた。この時の薄膜9の屈折率変化は0.5波長であった。

【0025】（実施例3）第3の実施例では、露光波長248nmの縮小投影露光装置を用い、レジスト2を通常の248nm用のレジスト2を用いた点を除き、実施例2と同じ装置構成でパターン形成を行った。

【0026】この装置を用いて、レジスト2に従来の解像限界を超える微細パターンを露光した。その後、レジスト2を現像し、そのパターン形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、60nmの線幅の良好な形状の微細パターンが形成されていた。この時の薄膜9の屈折率変化は0.5波長であった。

【0027】（実施例4）第4の実施例では、露光波長436nmの縮小投影露光装置を用い、第2の光源3としてヤグ・レーザの第4高調波（波長：266nm）の光を用い、レジスト上に高分子薄膜として2-アセナフトンを分散させたポリメチルメタクリレート薄膜を用いた点を除き、実施例2と同じ装置構成でパターン形成を行った。

【0028】本実施例では、2-アセナフトンとポリメチルメタクリレートの溶液をレジスト上に回転塗布し、加熱乾燥し、非線型光学薄膜9を作製した。この薄膜9は波長266nmの光を吸収すると露光波長である436nmに過渡的に吸収を有するようになりミリ秒以下の時間応答性を有し、かつ可逆的に着色・退色反応する。過渡的な明暗色の格子縞を形成する。従って、第2の光源であるヤグ・レーザ3と、パターン形成光が同期制御されているために、パターン形成光が薄膜9を通過する時には十分なコントラストの二光束干渉の格子縞が形成され、非線型現象が効率よく行われ、良好なパターン転写をすることができた。

【0029】上記薄膜9の吸光度を測定したところ1.2であることがわかった。

【0030】

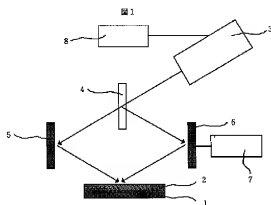
【発明の効果】本発明により、光学的の投影露光装置を用いて従来の解像限界を超える微細パターンを転写することができる。すなわち、より高性能な投影レンズを導入することなく、従来より微細な加工が実現できるの

で、半導体集積回路等の高集積化が容易になるという効果がある。

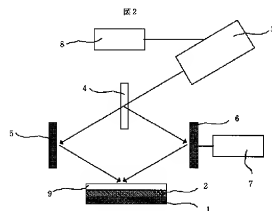
【0031】さらに、専用の第2の光源を用いて非線型現象を利用するため、通常のホトレジストを用いることができるという利点もある。

【0032】さらに、非線型現象は微細なパターンほど効果があるので、通常のパターン形成方法ではパターン形成できないほど回折効果が劣化した微細パターンを設計通りに形成するのに最適である。

【図1】



【図2】



【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の投影露光装置の要部の構成図。

【図2】本発明の一実施例の投影露光装置の要部の構成図。

【符号の説明】

1…ウエハ、2…レジスト、3…第2の光源、4…ビーム・スプリッタ、5…ミラー、6…ミラー、7…ミラー位置制御手段、8…制御回路、9…非線型光学薄膜。